



COMITÊ  
DA BACIA  
HIDROGRÁFICA  
DO ALTO TIETÊ



# COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ

## Presidente

MARTA TEREZA SUPLICY

## Vice Presidente

PEDRO CAMELO FILHO

## Secretaria Executiva

ANTONIO CARLOS MENDES THAME  
GERÔNICO ROCHA

Gestor Técnico Responsável no Comitê  
CÂMARA TÉCNICA DE PLANEJAMENTO

Agente Técnico do FEHIDRO  
DAEE

Equipe Técnica Responsável

## Coordenação

MONICA PORTO  
MARCO ANTONIO PALERMO

## Consultoria

ANTONIO MELHEM SAAD  
FLÁVIO TERRA BARTH  
HIROAKI MAKIBARA  
IVO TEIXEIRA  
NIVALDO JOSÉ CHIOSSI  
RICARDO HIRATA e equipe  
RICARDO TOLEDO e equipe  
TOBIAS JEROZOLIMSKI e equipe

## ÍNDICE

<b>1. USO DO SOLO E AS ÁREAS IRRIGADAS NA UGRHI-06 .....</b>	<b>1</b>
- As diferenças nos resultados de levantamentos sobre as áreas irrigadas .....	2
- Os equipamentos de irrigação na UGRHI-6 .....	4
- A ocupação agrícola nas áreas de várzea com olericultura de folhas irrigadas.....	5
- A ocupação agrícola nas áreas de terras altas com olericultura de folhas irrigadas por gotejamento e aspersão convencional.....	6
<b>2. MANEJO RACIONAL DA ÁGUA NO SISTEMA SOLO/PLANTA: CONCEITOS E PRÁTICA.....</b>	<b>8</b>
- Conceitos básicos das relações água-solo-planta .....	9
- Capacidade de água disponível de um solo .....	12
- A curva de retenção de água no solo .....	14
- Tensiômetro .....	15
- As faixas de água disponível no solo para o controle da irrigação .....	19
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>21</b>

## 1. USO DO SOLO E AS ÁREAS IRRIGADAS NA UGRHI-06

A identificação das categorias de usos e ocupações existentes na bacia hidrográfica do Alto Tietê foi realizada pelo IPT (2000) a partir da interpretação das imagens de satélite, confluindo para uma legenda com seis categorias de uso e ocupação, as quais convergiram para três grupos maiores em função do porte da vegetação. Os grupos e as categorias de uso e ocupação estão apresentados no QUADRO 1.

**QUADRO 1** - Grupos e categorias de uso e ocupação das terras.

<b>GRUPO DE CATEGORIAS</b>	<b>CATEGORIAS DE USO E OCUPAÇÃO</b>
<b>Vegetação de porte alto a baixo</b>	<b>Vegetação natural de porte arbóreo, reflorestamento e capoeiras</b>
<b>Vegetação de porte baixo a rasteiro</b>	<b>Cobertura residual, pastagens, campo antrópico e usos diversos</b>
	<b>Atividade agrícola com e sem irrigação</b>
<b>Outros usos: Naturais e antrópicos</b>	<b>Espelho d'água</b>
	<b>Área urbanizada</b>
	<b>Mineração</b>

Embora as pastagens sejam predominantes como categoria de uso e ocupação das terras na Bacia do Alto Tietê, as culturas temporárias é que assumem importância como uma das principais atividades econômicas, apesar da pequena extensão em relação à área total da Bacia.

As culturas temporárias encontram-se mais intensamente distribuídas em terrenos planos das várzeas e das colina e morrotes baixos, nas quais surgem solos favoráveis a agricultura, e próximas das principais rodovias de acesso, como é o caso da Rodovia SP-088, no trecho que liga as sedes municipais de Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim e Salesópolis.

O reflorestamento participa fortemente da atividade econômica na Bacia do Alto Tietê, em função da existência de indústrias de processamentos de celulose, tais como Klabin, Suzano e Melhoramentos.

As áreas urbanizadas correspondem às áreas de ocupação antrópica consolidada, como é o caso dos municípios da Grande São Paulo, em especial os municípios de São Paulo, Guarulhos, Osasco, etc.

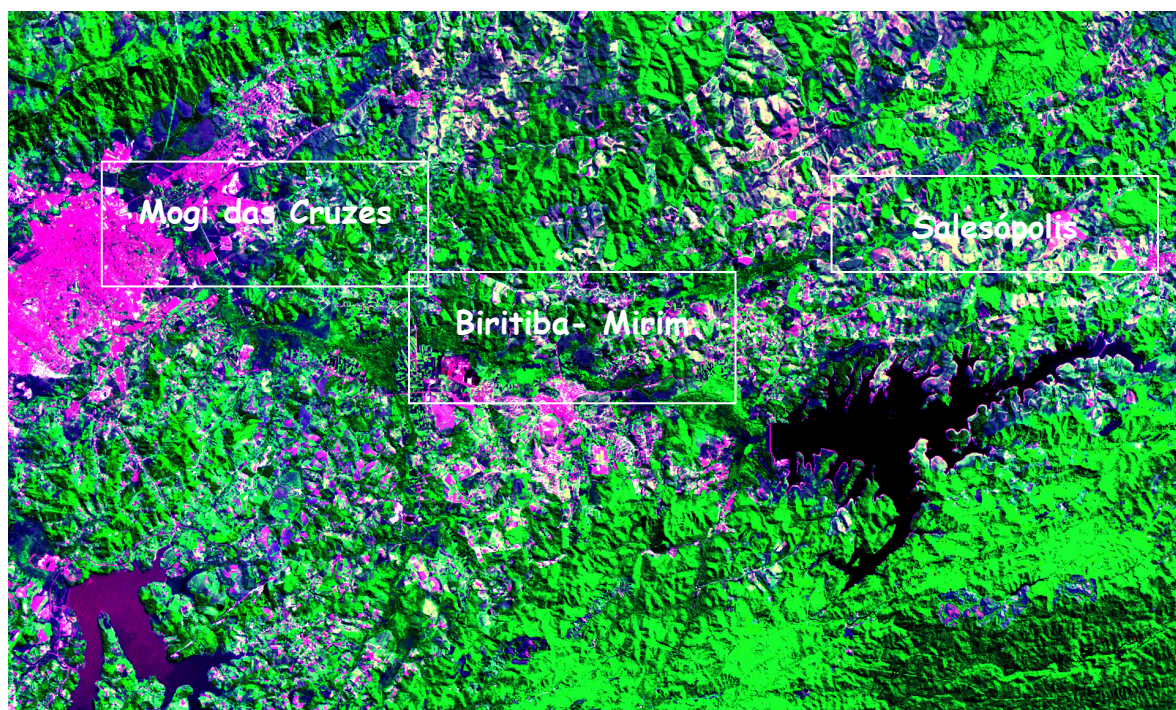
As demais categorias de uso e ocupação das terras correspondem a cobertura vegetal em diversas formas de preservação e estendem-se preferencialmente em relevos mais acidentados e ao longo dos cursos d'água.

A Figura 1 apresenta o uso e a ocupação das áreas irrigadas nos municípios de Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim e Salesópolis.

## ➤ AS DIFERENÇAS NOS RESULTADOS DE LEVANTAMENTOS SOBRE AS ÁREAS IRRIGADAS

A agricultura irrigada na bacia do Alto Tietê, quando analisada com base em dados estatísticos como os dados do IBGE- Censo Agropecuário de 95-96; Plano Estadual de Recursos Hídricos -1990 e os dados do Cadastro de Irrigantes dos Municípios de Biritiba Mirim, Moji das Cruzes e Salesópolis, (DAEE, 1994), indica uma grande inconsistência nos resultados apresentados.

Por exemplo: nos dados compilados no ano de 1990 inseridos no Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH a área irrigada estimada para a bacia hidrográfica era de 14.000 ha. Cinco anos mais tarde no Censo Agropecuário de 95-96, esse valor era de 8.052 ha, indicando um decréscimo de área total de 42,5%.



**FIGURA 1** - Imagem parcial do satélite Landsat-5/TM, cena 219/76, de 03/07/1997, bandas 3 (azul), 4 (verde) e 5 (vermelho), mostrando área de maior concentração de atividades agrícolas na região (IPT-2000)

O resultado da soma das áreas irrigadas dos 3 municípios com maior área irrigada (Moji das Cruzes, Biritiba Mirim e Salesópolis) dentro da UGRHI-06, é de 5.329 ha ou seja 66% da área irrigada da UGRHI-06, pertencem a esses 3 municípios. Para efeito comparativo, quando se consulta o cadastro de irrigantes realizado pelo DAEE em 1994 especificamente para esses 3 municípios, encontra-se um valor total da área irrigada de 2947,3 ha. Como pode ser notado há uma diferença muito grande (2.381,7 ha) entre os dois levantamentos, realizados praticamente num mesmo período de tempo (1994-1995).

Tendo como um dos objetivos elucidar e caracterizar o tamanho da área irrigada da UGRHI-6, foi contratado pela SABESP, com recursos do FEHIDRO o novo cadastro de irrigantes, que foi elaborado em 2001 pela HIPLAN, *Consultoria e Planejamento*. Esse trabalho identifica um número de **1984 irrigantes**, para uma **área física irrigada de 7.561 ha, área colhida total de 24.419 ha** que consomem 1,31 l/s/ha de vazão contínua, ou seja, 2,61 m<sup>3</sup>/s. O consumo de energia elétrica dessa área física irrigada é de 46,0 Mwh com uma relação de 930 kwh por HP instalado. Isto significa dizer que para cada ha físico irrigado há uma potência instalada de 6,54 HP. Esse valor está muito acima do esperado para a média da irrigação convencional por aspersão que é de 2 a 3 HP por ha físico irrigado. Isso se deve a vários fatores, entre os quais o mais importante é o modelo de agricultura irrigada da região, onde há uma grande % de arrendatários e as áreas irrigadas variam imensamente de um ano para o outro, além das diferenças de alturas geométricas entre a captação e a área de irrigação, que é intrínseca a cada região.

Das conclusões do cadastro de irrigantes deve-se ressaltar aquela que aponta uma tendência de redução na área irrigada ( 10,5% entre 1995/1996 e 6,5% de 1996 a 2001) associada ao crescimento do número de irrigantes (18% de 1996 a 2001). Isso significa dizer que, o tamanho médio da área por produtor rural também está diminuindo, principalmente em função da subdivisão de áreas em vários módulos de irrigação e pelo arrendamento desses módulos pelos filhos dos proprietários que começam a se tornar independentes da família. Um outro fator de menor importância mais de alta relevância é o fator tecnológico. Há um aumento da intensidade de cultivo (área plantada-colhida-ano/área física irrigada-ano) devido a métodos mais intensivos de produção de hortaliças. Como exemplo podemos citar o aumento e a proliferação do cultivo de hortaliças em estufas, em ambiente fechado com irrigação localizada em sistema de fertirrigação). Esse sistema de produção aumenta em muito a intensidade de cultivo, pois há o transplante das mudas diminuindo o tempo de cultivo dentro da estufa (pé de alface demora 45 dias para ser colhido), transformando a agricultura irrigada em uma verdadeira indústria de produção de hortaliças e vegetais.

➤ OS EQUIPAMENTOS DE IRRIGAÇÃO NA UGRHI-6

Segundo os dados do novo Cadastro de Irrigantes (2001), há grande predominância da irrigação por aspersão convencional (78,3%), nos 1984 equipamentos de irrigação em funcionamento na UGRHI-6.

Nas áreas densamente irrigadas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, os equipamentos de irrigação por aspersão convencional são predominantes nos municípios de Moji das Cruzes(555), Biritiba-Mirim (312), Suzano (280) e Salesópolis (151). Os equipamentos de aspersão convencional dos 4 municípios representam, 65,4% dos equipamentos de irrigação de toda a UGRHI-6.

A irrigação localizada pelos dados apresentados no Cadastro de Irrigantes (2001) é incipiente e são representados pelos municípios de Moji das Cruzes(28), Biritiba-Mirim (6) , Cotia (7), Itaquaquecetuba (8) e Salesópolis( 7).

Nota-se porém, que já há uma tendência de se utilizar o sistema de irrigação localizada em substituição a irrigação por aspersão convencional. O motivo básico está na economia de energia elétrica e na eficiência do uso da água. O Quadro 2 sintetiza esses números.

QUADRO 2 - Equipamentos de irrigação na UGRHI-6 .

Município	Nº de Irrigantes	Recalque							
		Aspersão Convencional		Gotejamento		Microaspersão		Mangueira	
		Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%
Arujá	80	19	23,75	3	3,75	1	1,25	57	71,25
Biritiba Mirim	321	312	97,20	3	0,93	3	0,93	3	0,93
Caieiras	1	1	100,00						
Cotia	84	69	82,14	5	5,95	2	2,38	8	9,52
Embu	6	5	83,33					1	16,67
Embu-Guaçu	32	30	93,75	1	3,13			1	3,13
Ferraz de	5	3	60,00	2	40,00				
Franco da Rocha	7	7	100,00						
Guarulhos	4	3	75,00					1	25,00
Itapeçerica da Serra	20	10	50,00	1	5,00	5	25,00	4	20,00
Itaquaquecetuba	92	61	66,30	7	7,61	1	1,09	23	25,00
Mairiporã	1			1	100,00				
Mogi das Cruzes	728	555	76,24	9	1,24	19	2,61	145	19,92
Poá	1	1	100,00						
Ribeirão Pires	1			1	100,00				
Rio Grande da Serra	5	1	20,00			2	40,00	2	40,00
Salesópolis	160	151	94,38	5	3,13	2	1,25	2	1,25
São Bernardo do Campo	1	1	100,00						
São Paulo	74	44	59,46	2	2,70	3	4,05	25	33,78
Suzano	361	280	77,56	3	0,83			78	21,61
<b>Total</b>	<b>1.984</b>	<b>1.553</b>	<b>78,28</b>	<b>41</b>	<b>2,07</b>	<b>38</b>	<b>1,92</b>	<b>352</b>	<b>17,74</b>

FONTE: CADASTRO DE IRRIGANTES (HIPLAN- CONSULTORIA E PLANEJAMENTO - 2001)

## ➤ A OCUPAÇÃO AGRÍCOLA NAS ÁREAS DE VÁRZEA COM OLERÍCULTURA DE FOLHAS IRRIGADAS

Atualmente, as hortaliças são cultivadas principalmente nas Várzeas, pois tratam-se de culturas com alto consumo de água e, nestas áreas, o lençol freático encontra-se a poucos centímetros de profundidade (aproximadamente 50 cm).

A irrigação destas culturas é realizada predominantemente por sistema de aspersão convencional, que na maioria dos casos capta nos rios e riachos afluentes do Rio Tietê e drenam o excesso para o lençol freático que está exposto pelo sistema de drenagem superficial da várzea. Porém, existem agricultores menos capitalizados que ainda se utilizam do sistema de irrigação por “mangueirões”, principalmente nas redondezas do Reservatório de Taiaçupeba. Atualmente, existe tendência de produção de hortaliças utilizando alta tecnologia, ou seja, em ambiente protegido irrigado por sistema de gotejamento (vide Figura 2).



FIGURA 2 - Vista geral da área de várzea do Alto Tietê ocupada com agricultura irrigada em sistemas de produção com ambiente protegido (estufas).



➤ **A OCUPAÇÃO AGRÍCOLA NAS ÁREAS DE TERRAS ALTAS COM OLERÍCULTURA DE FOLHAS IRRIGADAS POR GOTEJAMENTO E ASPERSÃO CONVENCIONAL**

Nas terras altas da região dos municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, predominam os cultivos de hortaliças irrigados por sistemas do tipo aspersão convencional. Podem ser notados alguns agricultores que ainda cultivam “morro abaixo”, porém ocorre atualmente mudança do modo de uso da terra para canteiros “perenizados” em nível e protegidos (mulching), bem como, irrigados por sistema de gotejamento.

Nas áreas de terras altas já há indícios da utilização de captação de água subterrânea, através de poços profundos, para irrigação de folhosas em ambiente protegido com irrigação localizada.



FIGURA 3 - Vista geral da área em Terras Altas ( meia encosta da colina) ocupada com agricultura irrigada por sistema de irrigação convencional.



FIGURA 4 - Irrigação Localizada em cultura de alface, em área de terras altas - meia encosta.



FIGURA 5 - Irrigação localizada subterrânea em ambiente protegido localizado em área de várzea do rio Tietê.

## 2. MANEJO RACIONAL DA ÁGUA NO SISTEMA SOLO/PLANTA: CONCEITOS E PRÁTICA

O uso e manejo inadequado do solo reduz a capacidade de infiltração e de armazenamento de água, conseqüentemente, aumenta o deflúvio superficial, carreando sedimentos e resíduos sólidos (orgânicos ou minerais) aos cursos d'água. Isto provoca o assoreamento das calhas dos rios, reduzindo a velocidade de escoamento e aumentando os gradientes de vazão. Nos pequenos e médios rios, os picos de vazão máxima tornam-se de grande intensidade, provocando alagamentos e danos a pontes, estradas e agricultura ribeirinha.

Os solos que predominam na Bacia do Alto Tietê são geralmente rasos (profundidade efetiva menor 1,5 m). Assim, os processos de ocupação urbana (loteamento, terraplanagem, estradas) expõem facilmente o horizonte C desses solos, que no caso daqueles formados a partir da intemperização de rochas do embasamento cristalino apresentam 98,1% de partículas com tamanho maior que 0,002 mm (silte + areia). Destes, 75% correspondem à fração siltosa (0,002 a 0,05 mm). O silte não possui a propriedade ligante da argila e possui peso menor que as areias, tornando-o altamente erodível (IPT, 1991). Logo, as áreas em que são retirados os horizontes superficiais (A e B) laterizados e altamente desenvolvidos, expondo o horizonte C à ação das chuvas, torna-se local de elevado potencial de produção de sedimentos (silte, areia e argilas dispersas), contribuindo para o assoreamento do Rio Tietê, juntamente com os resíduos sólidos (lixo).

A erosão dos solos agrícolas traz problemas de poluição de águas decorrentes dos sedimentos, dos nutrientes químicos e dos defensivos agrícolas transportados. Contribuem, também, diretamente para a poluição dos mananciais, o manejo inadequado de pulverizadores e o descarte incorreto das embalagens de agroquímicos vazias.

O processo erosivo, dada a sua intensidade, além de degradar o solo, um dos mais importantes recursos naturais, é primeira causa de outros problemas que levam à baixa produtividade e ao empobrecimento do meio rural. Portanto, todos os problemas de produção agrícola ou de água para uso múltiplo têm suas causas interligadas, tendo como as principais causas aquelas vinculadas ao uso, manejo e conservação do solo e suas conseqüências no processo erosivo.

O aproveitamento mais intensivo da terra, sem risco de degradação do solo, é fundamental para manter o desenvolvimento continuado da atividade agrícola, conservando os recursos naturais solo e água para que as gerações futuras possam utilizá-las. Para que isso ocorra é necessário realizar-se o planejamento racional da ocupação do solo, para isso, utiliza-se de uma classificação técnica, como o Sistema de Capacidade de Uso, que tem o propósito particular de indicar qual a combinação de uso agrícola e medidas de controle de erosão permitem o aproveitamento intensivo da terra sem grandes riscos ambientais.

➤ **CONCEITOS BÁSICOS DAS RELAÇÕES ÁGUA-SOLO-PLANTA**

A água é contida no solo no interior dos seus poros. Os poros do solo são vazios formados a partir do arranjo das partículas sólidas do solo. Essas partículas sólidas são de origem mineral ou orgânica.

Na Figura 6 é mostrado de forma esquemática os diferentes estados de energia da água retida no espaço poroso do solo.

Como podemos notar na Figura 6, o solo seco é livre de água, portanto, sua composição básica são as partículas sólidas e o ar da atmosfera. Quando a água da chuva ou irrigação é infiltrada da superfície para o interior do perfil de solo, sua tendência é ocupar todos os seus espaços vazios existentes na matriz do solo, isto é, o ar do solo é expulso pela entrada da água. Nessa situação dizemos que o solo está saturado.



FIGURA 6 - Esquema dos diferentes estados de energia da água no solo

Na condição de saturação as plantas não conseguem respirar, portanto, não é uma condição em que o solo deve permanecer por um período superior a 1 ou dois dias, pois nessas condições as plantas perdem rendimento. A condição ideal de umidade de um solo agrícola para se obter máximas produções para qualquer cultura anual é quando o teor de água está na “*Capacidade de Campo*”. Isto é, após a saturação do perfil do solo há drenagem da água localizada nos macroporos do solo (Figura 7).

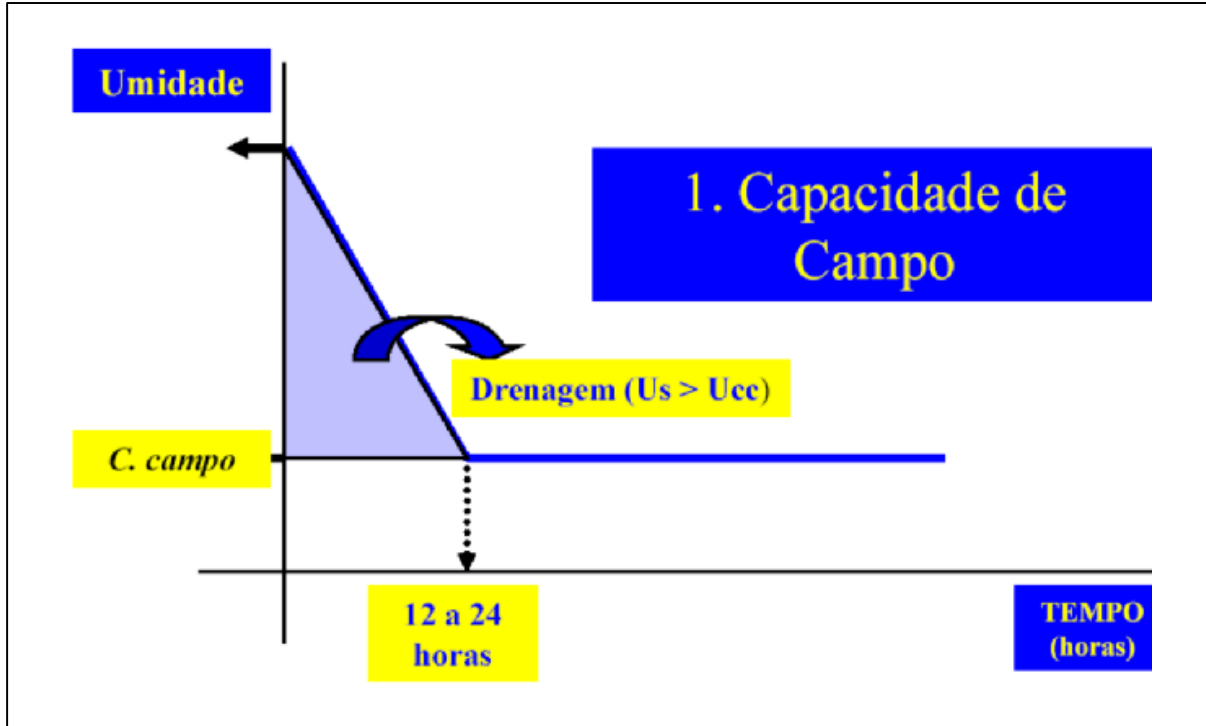


Figura 7 - Gráfico da redistribuição de água em um perfil de solo inicialmente saturado

No lugar da água drenada localizada nos macroporos, estará presente o ar do solo. A água que se torna disponível para as plantas é retida nos microporos do solo. Até a algum tempo atrás, alguns autores chamavam a água perdida por drenagem de “água gravitacional”. Por outro lado, se a água retida nos microporos do solo for sendo absorvida pelas raízes das plantas sem a adequada reposição através de chuva ou irrigação, o solo vai secando até um determinado valor de umidade que denominamos de “*Ponto de Murcha Permanente*”. Nessa condição, o solo ainda possui uma pequena quantidade de água, mas esta, não se encontra disponível para as plantas (Figura 8).

O intervalo entre a umidade do solo à capacidade de campo e o ponto de murcha permanente é denominado de **Água disponível**.

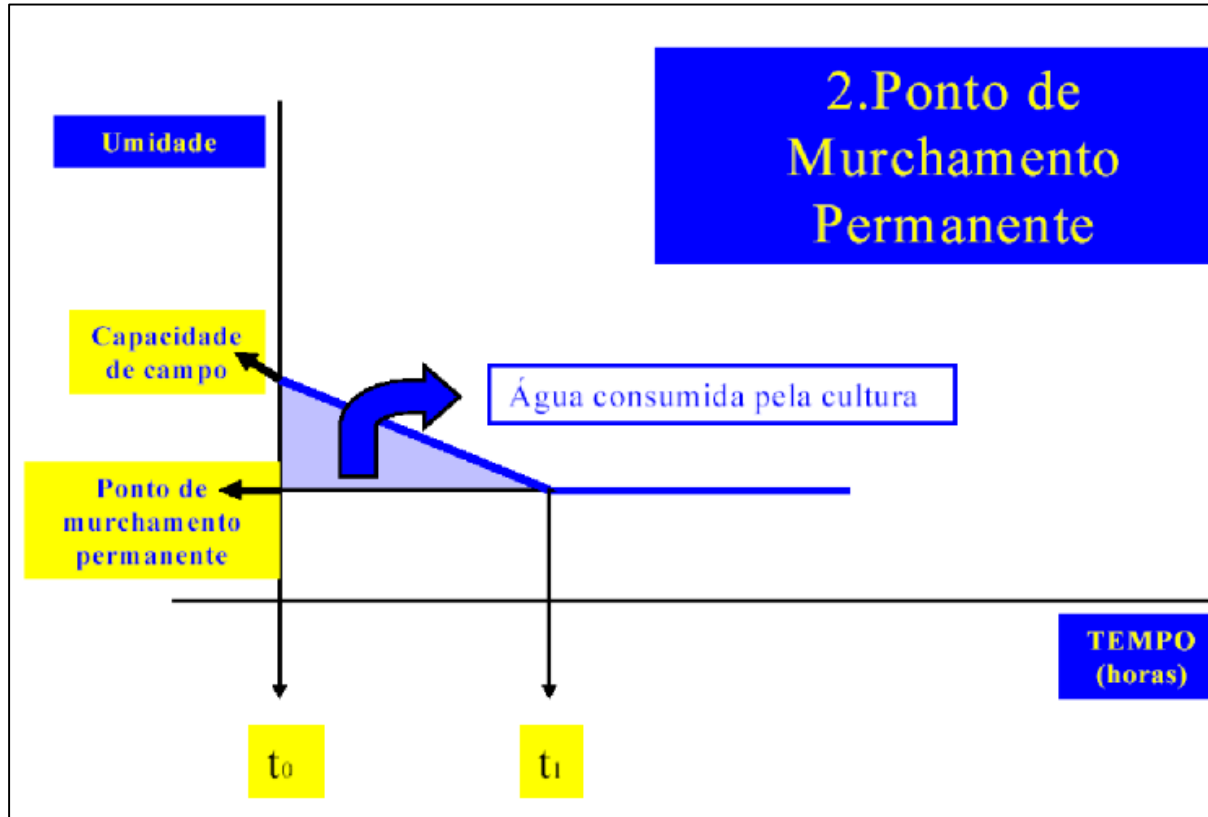


Figura 8 - Gráfico da redistribuição de água em um perfil de solo com a umidade inicial à capacidade de campo

### ➤ Capacidade de água disponível de um solo

Água disponível no solo representa a água existente no perfil do solo onde se encontram as raízes e que esteja retida com uma energia tal que possa ser vencida e absorvida pela planta.

A capacidade de água disponível em uma camada do perfil de solo é quantificada através da diferença entre o teor de água no solo à capacidade de campo e ponto de murcha permanente, multiplicado pela espessura da camada. Matematicamente podemos representar esse valor através da seguinte equação:

$$CAD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) \cdot z_e$$

Onde:

**CAD** é a capacidade de água disponível no solo para as plantas (mm);  $\theta_{CC}$ , a umidade do solo a capacidade de campo ( $\text{cm}^3 / \text{cm}^3$ );  $\theta_{PMP}$ , a umidade do solo no ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 / \text{cm}^3$ ); e  $z_e$ , a espessura da camada de irrigação (mm).

Observa-se na Figura 9 que na maioria das culturas anuais irrigadas 75 a 90 % da absorção de água e nutrientes está restrito a 50% da profundidade total das raízes.

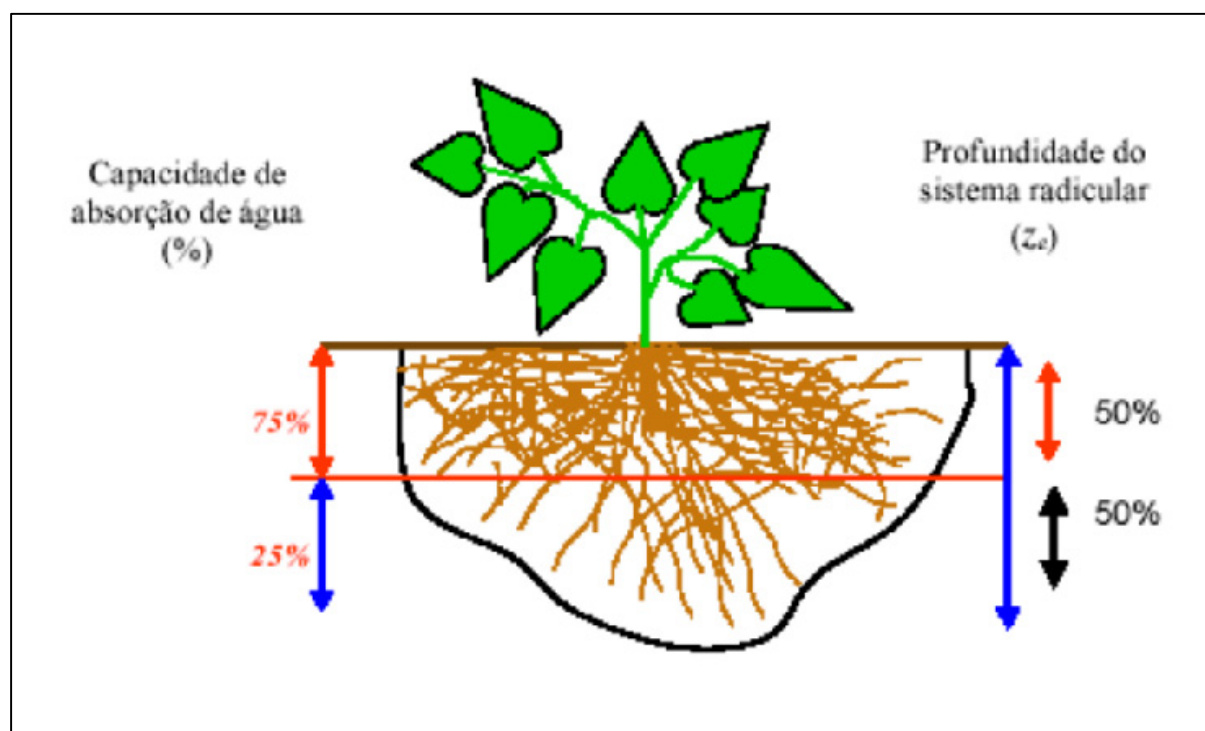


Figura 9 - Modelo de absorção de água no sistema radicular de culturas anuais

Os valores de tensão de água dos solos tropicais à capacidade de campo é muito inferior ao que se preconiza na literatura internacional para solos de clima temperado, na maioria das vezes 300 cca (esse valor indica matematicamente que a retenção de água no solo acontece somente em poros menores do que 10 micrometros).

Atualmente, o conceito de disponibilidade de água de um solo vem sendo reformulado e as tensões à capacidade de campo para solos tropicais com estrutura maciça porosa ou textura arenosa estão sendo definidas na faixa de 60 a 100cca (poros entre 50 e 30 micrometros), uma vez que a água contida nos poros maiores do que 50 micrometros são drenadas abaixo do sistema radicular da cultura. Portanto, quando se propõe o controle da irrigação nos solos de textura média, com o uso do tensiômetro, os valores da umidade à capacidade de campo devem ser fixados na curva de retenção de água quando a energia de retenção (potencial mátrico) estiver entre -100 e -60 cm de coluna de água.

Nos solos do cerrado do Estado de São Paulo a umidade no “ponto de murcha permanente,” pode ser determinada quando o solo estiver à tensão de 1000 cca, e não a 15000 cca, como é tradicionalmente utilizado. Essa determinação pode ser realizada pelo fato de que a quantidade de água retida acima de 1000 cca representa somente 20 a 25% do total da capacidade de água disponível desses solos.



➤ **A curva de retenção de água no solo**

A curva de retenção de água no solo é uma função matemática que relaciona o valor da umidade do solo em volume, isto é,  $\text{cm}^3$  de água/  $\text{cm}^3$  de solo, e o valor da energia de retenção da água nos poros do solo, que denominamos de energia potencial mátrica (energia por unidade de volume). Essa energia possui dimensões de pressão e portanto, podemos expressá-la em termos de atm, bar, Pascal e metros de coluna d'água. Essa energia potencial mátrica é resultado de forças capilares e de adsorção que surgem devido a interação entre a água e as partículas sólidas do solo, que denominamos de matriz do solo. Essas forças atraem e "fixam" a água no solo, diminuindo sua energia potencial em relação a água livre, por exemplo, a água existente em um lago ou represa. Dessa forma para cada valor do potencial mátrico, isto é, para cada estado de energia da água no solo, temos um dado valor característico de umidade do solo.

O gráfico do potencial mátrico ou tensão de água no solo em função da umidade, é comumente denominado de "curva característica da umidade do solo" ou simplesmente "curva de retenção".

É através da curva de retenção de água que podemos calcular qual a quantidade de água a ser reposta ao solo em cada irrigação.

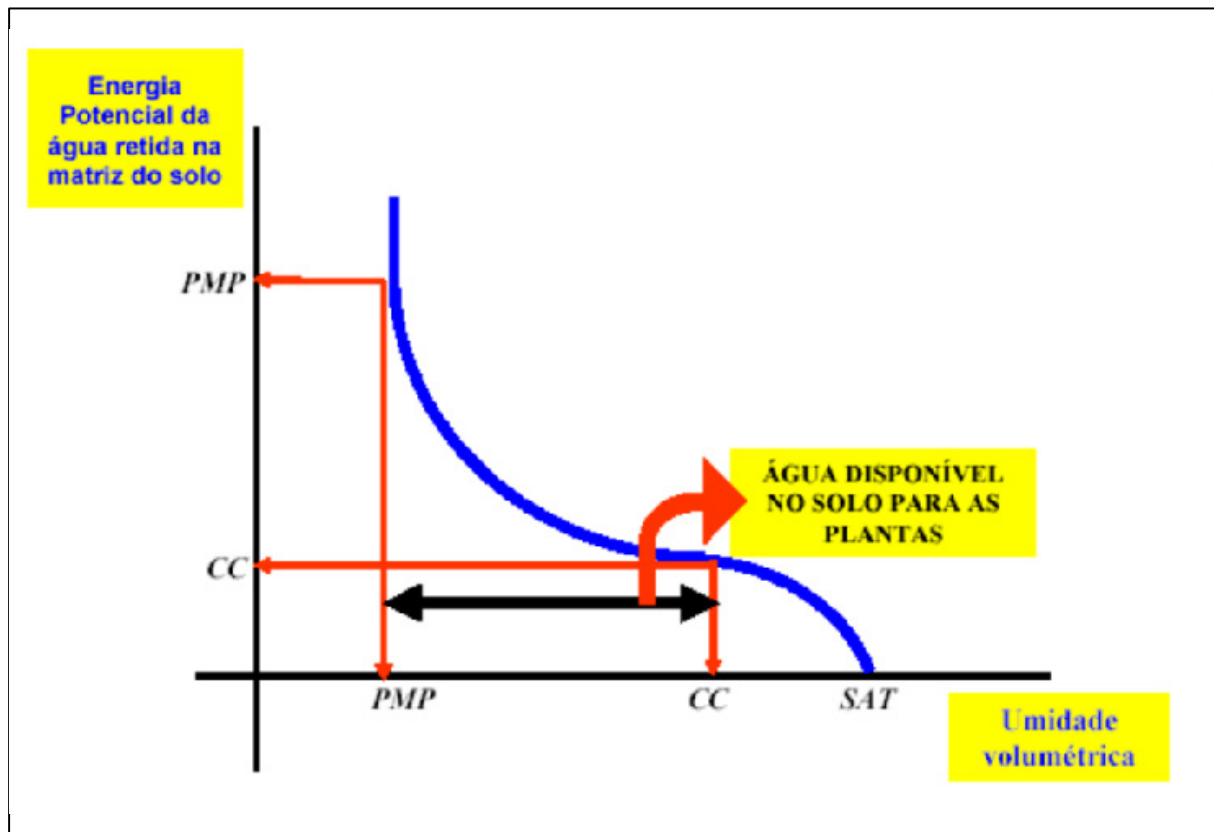


Figura 10 - Curva de retenção de água no solo

## ➤ Tensiômetro

O monitoramento da tensão da água no solo é realizado através de um equipamento denominado tensiômetro.

Os tensiômetros podem ser de diversos tipos e marcas, porém o princípio físico que fundamenta o instrumento é sempre o mesmo, ou seja, a determinação do valor da pressão menor do que a pressão atmosférica (vácuo) existente dentro do sistema constituído de uma capsula de cerâmica porosa, tubo de PVC e um manômetro de mercúrio ou vacuômetro .

O tensiômetro é um instrumento cujo objetivo fundamental é quantificar o estado de energia com que a água fica retida entre os poros e os agregados sólidos do solo (matriz do solo); em função disto, o tensiômetro funciona como um bom indicador do momento de se iniciar a irrigação.

Uma desvantagem de se utilizar esse tensiômetro é o fato de se trabalhar com mercúrio metálico, um elemento considerado de alto poder poluidor.

O valor da tensão de água no solo é determinado através da seguinte equação:

$$|TAS| = -12,6 h + hc + ze$$

onde: **TAS** é a tensão da água do solo em cm de coluna de água (cca); h, a altura da coluna de Hg em cm; hc, a altura em cm, entre a cuba com mercúrio e à superfície do terreno; e ze, a distância em cm, entre a superfície do terreno e a ½ da cápsula porosa do tensiômetro.

Como foi demonstrado, o funcionamento do tensiômetro relaciona-se diretamente com uma das mais importantes características físicas do solo, ou seja o arrançamento das partículas sólidas do solo que dão origem a estrutura do solo. O arrançamento das partículas sólidas do solo e sua agregação formam um espaço poroso que é completado por ar e/ou água; portanto, os sólidos (matéria mineral e/ou orgânica), a água e o ar são os componentes do solo.

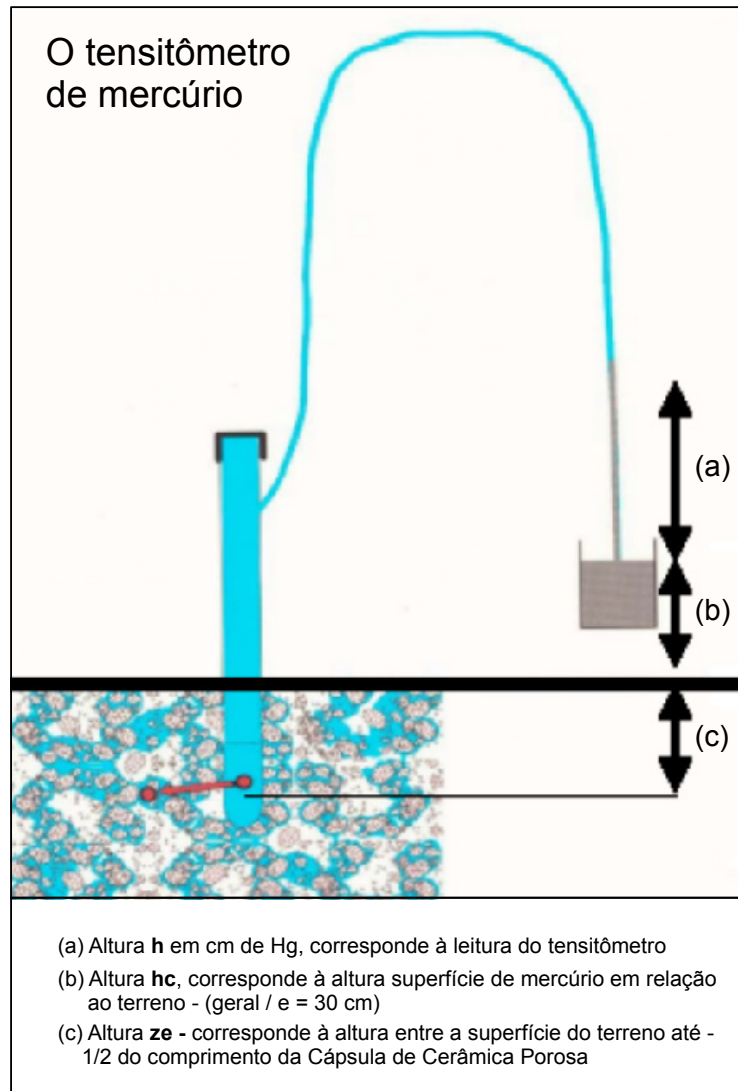


Figura 11 - Tensiômetro de mercúrio

A medida que o solo entra em processo de secamento em função da drenagem e/ou pela absorção de água pelas raízes das plantas, a energia de retenção entre as partículas do solo carregadas eletricamente (argilas) e a água do solo (solução constituída do dipolo água-H<sub>2</sub>O mais um série de íons, por exemplo: Cl, Na, K, Mg, Fe, etc..), aumenta.

Após a instalação de um tensiômetro no solo, sua cápsula de cerâmica porosa começa atuar no sistema solo/raiz/água. Há a tendência do equilíbrio entre a água (solução) do solo e a água pura e livre existente dentro do tubo de PVC conectado a cápsula porosa. A água do solo, estando sob tensão, faz com que certa quantidade de água atravesse a parede da cápsula de cerâmica porosa causando a queda de sua pressão interna (vácuo), a qual é detectada pelo vacuômetro, pelo manômetro de mercúrio ou pelo tensiômetro digital. Quanto mais seco o solo, maior será o vácuo produzido. Quando ocorre chuva ou irrigação, a tensão de água do solo diminui e ocorre o movimento inverso de água, ou seja, do solo para a cápsula porosa; com isso, a leitura do tensiômetro também diminui.

Valores baixos indicam solo úmido e valores altos indicam solos secos. A tensão da água está diretamente relacionada com a facilidade ou dificuldade de absorção de água pelo sistema radicular das plantas. A explicação para esse fato pode ser dada pela maneira como as raízes absorvem a água do solo. As raízes absorvem a água do solo quando o seu tecido vegetal possui um valor de energia potencial total muito mais negativo do que o valor com que a água do solo está submetida. Deste modo, o solo quando úmido, transfere a sua água para as raízes da planta. Em solo seco, com maior tensão de água, a planta precisa utilizar uma alta energia para extrair água. Nesta condição, para evitar a diminuição do teor de água na planta há o fechamento das células estomáticas, com isso, a planta deixa de respirar e de produzir os fotoassimilados, diminuindo seu rendimento.

O tensiômetro realiza leituras até a tensão de 800 cca em perfeito funcionamento. Nessa faixa de leitura (0 – 800 cca), consegue-se medir até 80% da água disponível nos latossolos de textura média dos cerrados do Estado de São Paulo.

No ano de 1961, Fischbach & Schleusener, já propunham o tensiômetro como um instrumento de controle de irrigação das culturas. O momento da irrigação, segundo os autores, é determinado através de tabela que relaciona as faixas de variação do potencial mátrico com a necessidade ou não de irrigação. De forma direta, o tensiômetro não determina a quantidade de água necessária a irrigação. A quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação é obtida de forma indireta utilizando-se as leituras do tensiômetro e a curva de retenção de água no solo (relação funcional entre o valor da umidade volumétrica do solo e a energia potencial mátrica).

As leituras da tensão de água podem ser realizadas através de diferentes dispositivos, dos mais simples como é o caso do manômetro de mercúrio aos mais sofisticados como os tensímetros. Nesses últimos, a leitura digital é realizada através da inserção de uma agulha de “injeção” na rolha de borracha que veda a abertura superior do tubo de PVC. A agulha está conectada a um dispositivo eletrônico que contabiliza o vácuo existente no interior do tubo e que causa, conseqüentemente, uma deformação na célula de carga existente no interior do aparelho.

A Figura 12 apresenta o tensiômetro associado a um sistema de leitura digital instalado sob um pivô central. Sendo um equipamento portátil a leitura de cada tensiômetro é feita em 15 segundos, desta maneira, um único tensímetro (equipamento de leitura digital) consegue realizar a leitura em centenas de tensiômetros durante um dia. O tempo das leituras está diretamente associado com a distância existente entre um local e o outro de instalação dos sensores.

Apesar de seu custo unitário ser mais elevado, devido a sofisticação no seu sistema de leitura, esses equipamentos são os mais indicados para se realizar o controle da irrigação em grandes áreas irrigadas.

Devido a sua flexibilidade o tensímetro tem seu custo minimizado a medida que uma maior quantidade de tensiômetros instalados possam ser lidos.



FIGURA 12 - Tensímetro realizando leitura do potencial mátrico (bar) em tensiômetro instalado sob pivô central na cultura do feijão.

Dessa forma, o custo unitário de leitura por tensiômetro pode chegar a ser inferior ao tensiômetro de mercúrio.

As leituras são realizadas diretamente no equipamento e seu valor é apresentado em bar.

## ➤ AS FAIXAS DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO PARA O CONTROLE DA IRRIGAÇÃO

O conceito água disponível, fundamenta o princípio básico do tensiômetro de faixas. Isso é conseguido estipulando-se valores fixos de fração de água disponível no solo para as plantas (fad = 100%, 70%, 50% e 30%).

Para cada fração de água disponível estima-se o valor da umidade volumétrica e conseqüentemente o valor do potencial mátrico correspondente, utilizando-se para essa transformação a curva de retenção de água no solo.

Após a determinação dos valores do potencial mátrico, calcula-se os valores das alturas das colunas de mercúrio para cada fração fad e para cada profundidade de tensiômetro a ser instalado.

As alturas das faixas de cores pintadas no manômetro de mercúrio do tensiômetro indicam, portanto, qual a fração de água disponível (fad) na espessura de solo que está sendo monitorada.

A cor azul indica, em média, que o perfil de solo estudado está a capacidade de campo, isto é, com 100% de água disponível. A cor verde indica que o perfil está com 70% de água disponível; as cores amarela e vermelha indicam respectivamente que o solo está com 50% e 30% de água disponível. A cada fração de água disponível (fad) tem-se já calculado, em uma tabela, os valores das lâminas líquidas de água a serem aplicadas em cada irrigação para reposição do teor de água no perfil do solo até a capacidade de campo (fad = 100%).

## ➤ O MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO DA CULTURA DA ALFACE

No sentido de se conhecer a maneira com que o irrigante, produtor tradicional de alface da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, conduz o manejo da água na lavoura (momento e a quantidade de água a ser aplicada), o IPT, através da seção de Física do Solo e Irrigação monitorou a tensão de água no solo em uma lavoura de alface, a partir do dia 30 de Outubro (imediatamente após o transplântio das mudas) até o dia 17 de Dezembro de 1999, quando foi realizada a colheita.

Segunda diversos autores, a tensão de água no solo crítica para a cultura da alface lisa equivale a  $-300$  cm de  $H_2O$ . Isto é valores mais negativos do potencial mátrico da água no solo, prejudicaram o rendimento e a qualidade do produto.

O sistema radicular efetivo da alface concentra-se na camada superficial de 10cm, durante todo o seu ciclo. Porém, é necessário atentar que na primeira metade do ciclo, o sistema radicular efetivo encontra-se nos primeiros 5 cm de solo.

Os tensiômetros (instrumentos para medir a tensão de água no solo) foram instalados à 10, 20, 30, 40 e 50 cm de profundidade.

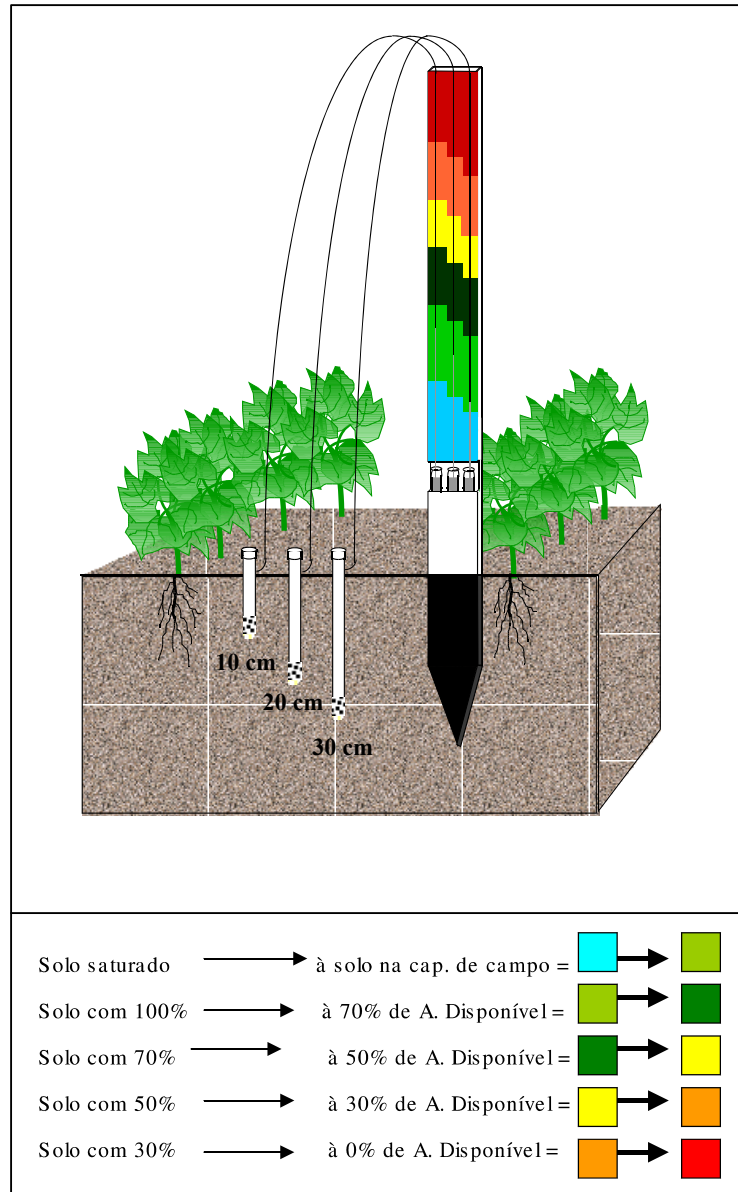


Figura 13 - Tensitômetro de faixas de água disponível

Os resultados desse trabalho, sintetizados no gráfico da Figura 14, indicaram que até o 29º dia do monitoramento da alface, o teor de água no solo estava ideal, pois as chuvas e as irrigações mantiveram o “nível d’água no solo” dentro dos padrões para se obter rendimentos elevados. Porém, as irrigações realizadas nos dias 3, 4, 5 e 19 de novembro (4º, 5º, 6º e 20º dias após o transplante) foram mal planejadas, uma vez que os potenciais mátricos tanto na camada de 0 a 10cm de profundidade como na de 0 a 20 cm encontravam-se próximos à capacidade de campo (-50cm de H<sub>2</sub>O) nestes dias. Resumindo, em uma estação chuvosa havia que se esperar para se tomar a decisão de se iniciar a irrigação.

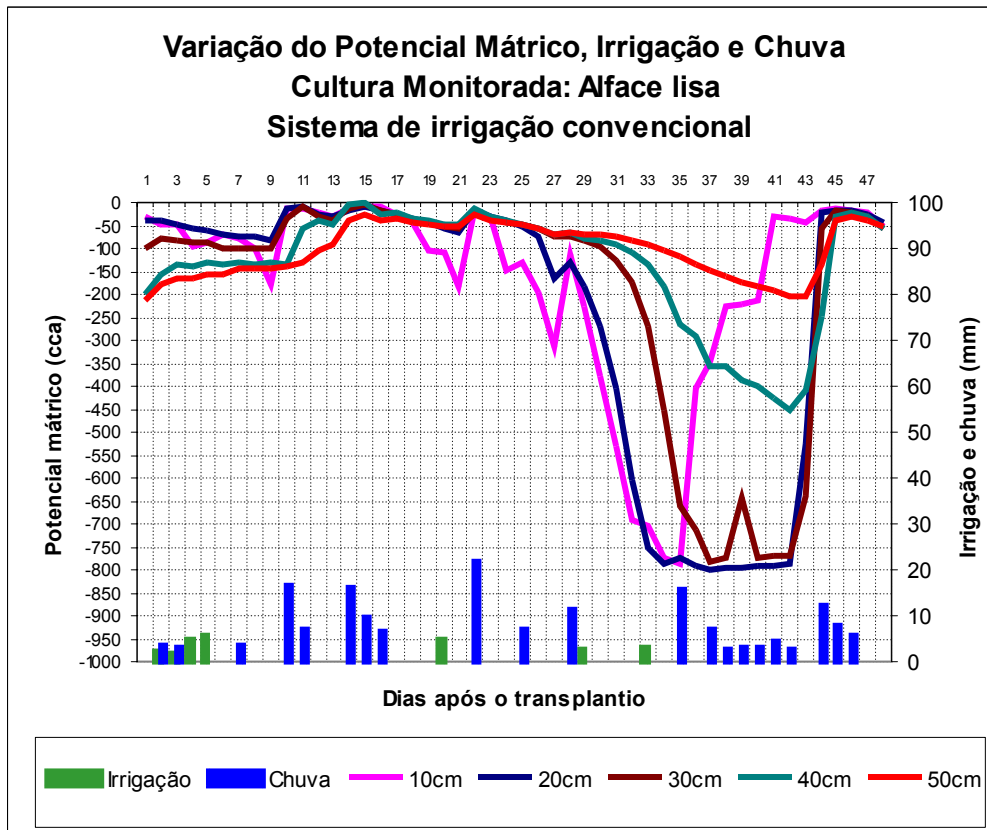


FIGURA 14 - Variação dos potenciais mátricos (m) da água no solo durante o desenvolvimento da cultura da alface lisa plantada em Terras Altas, relacionadas às irrigações e às chuvas.

Por outro lado, as lâminas d'água aplicadas nas irrigações realizadas no dia 28 de novembro e 2 dezembro (29º e 33º dias após o transplante, respectivamente) não foram suficientes para elevar o "nível d'água no solo" à capacidade de campo. Assim, entre 29 de novembro e 6 de dezembro (30º e 37º dias após o transplante), as plantas da alface ficaram submetidas ao déficit hídrico, mesmo com as chuvas que se iniciaram no dia 4 de dezembro (35º dias após o transplante, respectivamente).

Como pode ser observado, os dados apresentados, confirmam a necessidade básica que se têm na região das Cabeceiras do rio Tietê, de se montar sistemas e mecanismos de auxílio na tomada de decisão quanto ao manejo da água.



**BIBLIOGRAFIA**

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. 1979 Efectos del agua sobre el rendimiento del los cultivos. Estudio FAO: Riego e Drenage 33. Food and Agriculture Organization-FAO. ROMA, Itália.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS- IPT. 1991. Determinação da erodibilidade de material proveniente da alteração de rochas do embasamento Pré-Cambriano e da Bacia Sedimentar de São Paulo. Relatório PT no 29 788. São Paulo, SP. 26p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS- IPT. 2000 Subsídios do meio físico para o planejamento de irrigação na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Relatório Técnico nº 44667. Fundo Estadual de Recursos Hídricos- FEHIDRO - Comitê da Bacia do Alto Tietê, São Paulo. SP-138p.
- SAAD, A. M. 1991 Uso do tensiômetro no controle da irrigação por pivô central em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Esalq, Piracicaba, SP.
- SERRA FILHO, R. et al. 1974 Levantamento da cobertura vegetal natural do Estado de São Paulo. Instituto Florestal Boletim Técnico 11, São Paulo, SP. p. 1-53.
- SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. 1998 Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: Manejo da Irrigação. Soc. Bras. de Eng. Agr. Poços de Caldas, MG. p. 311-348.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. 1955 *The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.*